



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 2680—2021  
代替 GB/T 2680—1994

## 建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定

Glass in building—Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

目 次

前言 ..... I

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 测定条件 ..... 2

    4.1 试样 ..... 2

    4.2 仪器 ..... 2

5 各参数的测定 ..... 2

    5.1 可见光透射比 ..... 2

    5.2 可见光反射比 ..... 4

    5.3 太阳光辐射通量 ..... 7

    5.4 太阳光直接透射比 ..... 7

    5.5 太阳光直接反射比 ..... 9

    5.6 太阳光直接吸收比 ..... 10

    5.7 太阳能总透射比 ..... 10

    5.8 向室内侧的二次热传递系数 ..... 10

    5.9 遮阳系数 ..... 13

    5.10 光热比 ..... 13

    5.11 紫外线透射比 ..... 13

    5.12 辐射率 ..... 15

    5.13 太阳红外热能总透射比 ..... 16

6 检测报告 ..... 18

附录 A（规范性附录）玻璃组件热阻计算 ..... 19

参考文献 ..... 26

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 2680—1994《建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》。

本标准与 GB/T 2680—1994 相比主要技术变化如下：

- 增加了 8 个术语和定义(第 3 章)；
- 增加了对试样的要求,修改了对仪器参数的要求(4.1,4.2)；
- 增加了光热比、太阳红外热能总透射比两个新的检测项目的测量方法(5.10,5.13)；
- 增加了辐射率的测试条件和校正系数(5.12)；
- 增加了附录 A。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国建筑用玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 255)归口。

本标准起草单位:中国建材检验认证集团秦皇岛有限公司(国家玻璃质量监督检验中心)、北京奥博泰科技有限公司、中国南玻集团股份有限公司、武汉市盛科技发展有限公司、珀金埃尔默企业管理(上海)有限公司、岛津企业管理(中国)有限公司、上海子创镀膜技术有限公司、台玻长江玻璃有限公司、信义节能玻璃(芜湖)有限公司、蚌埠市产品质量监督检验研究院、中国建材检验认证集团股份有限公司、沈阳紫薇机电设备有限公司、东莞市银建玻璃工程有限公司。

本标准主要起草人:黄建斌、张喆民、许武毅、苑静、谭晓箭、戴忠、杨建军、李欣蔓、吴洁、袁汉华、陈辰、侯艳红、韩松、赵子东、谢文明、高永慧、李攀、韩影、姜美琴、王川、曹耀强。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 2680—1994。

# 建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定

## 1 范围

本标准规定了建筑玻璃可见光透射比、可见光反射比、太阳光辐射通量、太阳光直接透射比、太阳光直接反射比、太阳光直接吸收比、太阳能总透射比、向室内侧的二次热传递系数、遮阳系数、光热比、紫外线透射比、辐射率、太阳红外热能总透射比及有关窗玻璃参数的测定方法。

本标准适用于单层玻璃和多层窗玻璃等透明材料。

## 2 规范性引用文件



下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 10291 建筑用玻璃 多层玻璃稳态 U 值的测定 防护热板法 [Glass in building—Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing—Guarded hot plate method]

ISO 10292:1994 建筑用玻璃 多层玻璃稳态 U 值的计算 [Glass in building—Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing]

ISO 10293 建筑用玻璃 多层玻璃稳态 U 值的测定 热流计法 [Glass in building—Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing—Heat flow meter method]

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**可见光透射比** visible light transmittance

$\tau_v$

在可见光光谱(380 nm~780 nm)范围内,CIE D65 标准照明体条件下,CIE 标准视见函数为接收条件的透过光通量与入射光通量之比。

### 3.2

**可见光反射比** visible light reflectance

$\rho_v$

在可见光光谱(380 nm~780 nm)范围内,CIE D65 标准照明体条件下,CIE 标准视见函数为接收条件的反射光通量与入射光通量之比。

### 3.3

**太阳光直接透射比** solar direct transmittance

$\tau_e$

波长范围 300 nm~2 500 nm 太阳辐射透过被测物体的辐射通量与入射的辐射通量之比。



3.4

太阳光直接反射比 solar direct reflectance

$\rho_e$

波长范围 300 nm~2 500 nm 太阳辐射被被测物体反射的辐射通量与入射的辐射通量之比。

3.5

太阳能总透射比 total solar energy transmittance

$g$

太阳光直接透射比与被玻璃组件吸收的太阳辐射向室内的二次热传递系数之和,也称为太阳得热系数、阳光因子。

3.6

遮阳系数 shading coefficient

SC

在给定条件下,太阳能总透射比与厚度 3 mm 无色透明玻璃的太阳能总透射比的比值。

3.7

太阳红外热能总透射比 total solar infrared heat transmittance

$g_{IR}$

在太阳光谱的近红外波段 780 nm~2 500 nm 范围内,直接透过玻璃的太阳辐射强度和玻璃吸收太阳能经二次传热透过的部分之和与该波长范围入射太阳辐射强度的比值。

3.8

光热比 visible light to total solar energy transmittance

LSG

可见光透射比与太阳能总透射比的比值。

4 测定条件

4.1 试样

4.1.1 单层玻璃可直接作为试样,切割出试样或采用同材质玻璃的切片。

4.1.2 多层窗玻璃组件的试样,可分别切割单片或采用同材质单片玻璃的切片。

4.1.3 试样在测定过程中应保持清洁。

4.2 仪器

4.2.1 测定所使用的分光光度计、傅立叶红外光谱仪等仪器的测量波长范围、波长间隔应满足本标准中各参数的波长范围、波长间隔的要求。

4.2.2 测定所使用的仪器在测量过程中,照明光束的光轴与试样表面法线的夹角不超过  $10^\circ$ ,照明光束中任一光线与光轴的夹角不超过  $5^\circ$ 。

4.2.3 测定漫射试样或试样含有漫射组件时,测量透射比和反射比的仪器应配备积分球。

4.2.4 测定试样透射比,应包含试样各玻璃表面多次反射而出射的透射光部分。

4.2.5 测定试样反射比,应包含试样各玻璃表面多次反射而出射的反射光部分。

4.2.6 仪器测量透射比和反射比的准确度应在  $\pm 1\%$  内。

5 各参数的测定

5.1 可见光透射比

5.1.1 可见光透射比计算方法

可见光透射比  $\tau_v$  采用式(1)计算:

$$\tau_v = \frac{\sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \tau(\lambda) D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\tau_v$  —— 试样的可见光透射比；

$\lambda$  —— 波长；

$\tau(\lambda)$  —— 试样的光谱透射比；

$D_\lambda$  —— 标准照明体 D65 的相对光谱功率分布；

$V(\lambda)$  —— CIE 标准视见函数；

$\Delta\lambda$  —— 波长间隔；

$D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  —— 标准照明体 D65 的相对光谱功率分布  $D_\lambda$  与 CIE 标准视见函数  $V(\lambda)$  和波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  的值见表 1。



表 1  $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  的值

$\lambda$ nm	$D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda \times 10^2$	$\lambda$ nm	$D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda \times 10^2$
380	0.000 0	590	6.330 6
390	0.000 5	600	5.354 2
400	0.003 0	610	4.249 1
410	0.010 3	620	3.150 2
420	0.035 2	630	2.081 2
430	0.094 8	640	1.381 0
440	0.227 4	650	0.807 0
450	0.419 2	660	0.461 2
460	0.666 3	670	0.248 5
470	0.985 0	680	0.125 5
480	1.518 9	690	0.053 6
490	2.133 6	700	0.027 6
500	3.349 1	710	0.014 6
510	5.139 3	720	0.005 7
520	7.052 3	730	0.003 5
530	8.799 0	740	0.002 1
540	9.442 7	750	0.000 8
550	9.807 7	760	0.000 1
560	9.430 6	770	0.000 0
570	8.689 1	780	0.000 0
580	7.899 4	—	—

## 5.1.2 单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比

单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  为试样实测的光谱透射比。

## 5.1.3 双层窗玻璃组件的光谱透射比

双层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  采用式(2)计算:

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)}{1 - \rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$\tau(\lambda)$  —— 双层窗玻璃组件的光谱透射比;

$\lambda$  —— 波长;

$\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;

$\tau_2(\lambda)$  —— 第二片(室内侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;

$\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比。

## 5.1.4 三层窗玻璃组件的光谱透射比

三层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  采用式(3)计算:

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)\tau_3(\lambda)}{[1 - \rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)] \cdot [1 - \rho'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda)\rho'_1(\lambda)\rho_3(\lambda)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$\tau(\lambda)$  —— 三层窗玻璃组件的光谱透射比;

$\lambda$  —— 波长;

$\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;

$\tau_2(\lambda)$  —— 第二片(中间)玻璃的光谱透射比;

$\tau_3(\lambda)$  —— 第三片(室内侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;

$\rho'_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第二片(中间)玻璃的光谱反射比;

$\rho_3(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第三片(室内侧)玻璃的光谱反射比。

## 5.1.5 多于三层的窗玻璃组件的光谱透射比

对于多于三层的窗玻璃组件,有与式(2)和式(3)类似关系的公式,通过各单独组件光谱特性计算窗玻璃的  $\tau(\lambda)$ 。因为这些方程过于复杂,本标准中没有列出。多于三层的窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  可按下例进行计算。

示例:五层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  计算可按以下步骤进行:

- a) 首先将前三层组件作为一个三层窗玻璃组件,计算这个三层窗玻璃组件的光谱特性;
- b) 接着将下二层组件作为一个双层窗玻璃组件,计算这个双层窗玻璃组件的光谱特性;
- c) 将五层窗玻璃组件看作由以上三层窗玻璃组件和双层窗玻璃组件组成的双层窗玻璃组件,计算五层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$ 。

## 5.2 可见光反射比

## 5.2.1 室外侧可见光反射比

## 5.2.1.1 室外侧可见光反射比计算方法

室外侧可见光反射比  $\rho_{v,o}$  采用式(4)计算:

$$\rho_{v,o} = \frac{\sum_{\lambda=380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} \rho_o(\lambda) D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- $\rho_{v,o}$  —— 试样室外侧可见光反射比;  
 $\lambda$  —— 波长;  
 $\rho_o(\lambda)$  —— 试样室外侧光谱反射比;  
 $D_\lambda$  —— 标准照明体 D65 的相对光谱功率分布;  
 $V(\lambda)$  —— CIE 标准视见函数;  
 $\Delta\lambda$  —— 波长间隔;  
 $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  —— 标准照明体 D65 的相对光谱功率分布  $D_\lambda$  与 CIE 标准视见函数  $V(\lambda)$  和波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  的值见表 1。

#### 5.2.1.2 单片玻璃或单层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比

单片玻璃或单层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比  $\rho_o(\lambda)$  为试样实测的室外侧光谱反射比。

#### 5.2.1.3 双层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比

双层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比  $\rho_o(\lambda)$  采用式(5)计算:

$$\rho_o(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda) \rho_2(\lambda)}{1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $\rho_o(\lambda)$  —— 双层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比;  
 $\lambda$  —— 波长;  
 $\rho_1(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;  
 $\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;  
 $\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比;  
 $\rho_1'(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比。

#### 5.2.1.4 三层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比

三层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比  $\rho_o(\lambda)$  采用式(6)计算:

$$\rho_o(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda) \rho_2(\lambda) [1 - \rho_2'(\lambda) \rho_3(\lambda)] + \tau_1^2(\lambda) \tau_2^2(\lambda) \rho_3(\lambda)}{[1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)] \cdot [1 - \rho_2'(\lambda) \rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda) \rho_1'(\lambda) \rho_3(\lambda)} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $\rho_o(\lambda)$  —— 三层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比;  
 $\lambda$  —— 波长;  
 $\rho_1(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;  
 $\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;  
 $\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(中间)玻璃的光谱反射比;  
 $\rho_2'(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第二片(中间)玻璃的光谱反射比;  
 $\rho_3(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第三片(室内侧)玻璃的光谱反射比;  
 $\tau_2(\lambda)$  —— 第二片(中间)玻璃的光谱透射比;  
 $\rho_1'(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比。



## 5.2.1.5 多于三层的窗玻璃组件的室外侧光谱反射比

多于三层的窗玻璃组件的室外侧光谱反射比  $\rho_o(\lambda)$  的计算可按 5.1.5 中描述的相同方法进行。

## 5.2.2 室内侧可见光反射比

## 5.2.2.1 室内侧可见光反射比计算方法

室内侧可见光反射比  $\rho_{v,i}$  采用式(7)计算:

$$\rho_{v,i} = \frac{\sum_{\lambda=380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} \rho_i(\lambda) D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- $\rho_{v,i}$  —— 试样室内侧可见光反射比;
- $\lambda$  —— 波长;
- $\rho_i(\lambda)$  —— 试样室内侧光谱反射比;
- $D_\lambda$  —— 标准照明体 D65 的相对光谱功率分布;
- $V(\lambda)$  —— CIE 标准视见函数;
- $\Delta\lambda$  —— 波长间隔;
- $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  —— 准照明体 D65 的相对光谱功率分布  $D_\lambda$  与 CIE 标准视见函数  $V(\lambda)$  和波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$  的值见表 1。

## 5.2.2.2 单片玻璃或单层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比

单片玻璃或单层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比  $\rho_i(\lambda)$  是试样实测的室内侧光谱反射比。

## 5.2.2.3 双层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比

双层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比  $\rho_i(\lambda)$  采用式(8)计算:

$$\rho_i(\lambda) = \rho'_2(\lambda) + \frac{\tau_2^2(\lambda) \rho'_1(\lambda)}{1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- $\rho_i(\lambda)$  —— 双层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比;
- $\lambda$  —— 波长;
- $\rho'_2(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比;
- $\tau_2(\lambda)$  —— 第二片(室内侧)玻璃的光谱透射比;
- $\rho'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;
- $\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比。

## 5.2.2.4 三层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比

三层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比  $\rho_i(\lambda)$  采用式(9)计算:

$$\rho_i(\lambda) = \rho'_3(\lambda) + \frac{\tau_3^2(\lambda) \rho'_2(\lambda) [1 - \rho_2(\lambda) \rho'_1(\lambda)] + \tau_3^2(\lambda) \tau_2^2(\lambda) \rho'_1(\lambda)}{[1 - \rho_3(\lambda) \rho'_2(\lambda)] \cdot [1 - \rho_2(\lambda) \rho'_1(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda) \rho_3(\lambda) \rho'_1(\lambda)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $\rho_i(\lambda)$  —— 三层窗玻璃组件的室内侧光谱反射比;
- $\lambda$  —— 波长;

- $\rho'_3(\lambda)$ ——在光由室内侧射向室外侧条件下,第三片(室内侧)玻璃的光谱反射比;  
 $\tau_3(\lambda)$ ——第三片(室内侧)玻璃的光谱透射比;  
 $\rho'_2(\lambda)$ ——在光由室内侧射向室外侧条件下,第二片(中间)玻璃的光谱反射比;  
 $\rho_2(\lambda)$ ——在光由室外侧射向室内侧条件下,第二片(中间)玻璃的光谱反射比;  
 $\rho'_1(\lambda)$ ——在光由室内侧射向室外侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;  
 $\tau_2(\lambda)$ ——第二片(中间)玻璃的光谱透射比;  
 $\rho_3(\lambda)$ ——在光由室外侧射向室内侧条件下,第三片(室内侧)玻璃的光谱反射比。

#### 5.2.2.5 多于三层的窗玻璃组件的室内侧光谱反射比

多于三层的窗玻璃组件的室内侧光谱反射比  $\rho_i(\lambda)$  的计算可按 5.1.5 中描述的相同方法进行。

### 5.3 太阳光辐射通量

投射在单位面积窗玻璃上的太阳光辐射通量  $\Phi_e$  分为以下三个部分:

- 透射部分  $\tau_e \Phi_e$ ;
- 反射部分  $\rho_e \Phi_e$ ;
- 吸收部分  $\alpha_e \Phi_e$ 。

各部分中的参数表示:

- $\tau_e$ ——太阳光直接透射比;  
 $\rho_e$ ——太阳光直接反射比;  
 $\alpha_e$ ——太阳光直接吸收比。

三个参数之间的关系可用式(10)表达:

$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

吸收部分  $\alpha_e \Phi_e$  又分为向室内侧的能量传递  $q_i \Phi_e$  和向室外侧的能量传递  $q_o \Phi_e$  两部分,其中的参数表示:

- $q_i$ ——试样向室内侧的二次热传递系数;  
 $q_o$ ——试样向室外侧的二次热传递系数。

三个参数之间的关系可用式(11)表达:

$$\alpha_e = q_i + q_o \quad \dots\dots\dots (11)$$

### 5.4 太阳光直接透射比

#### 5.4.1 太阳光直接透射比计算方法

太阳光直接透射比  $\tau_e$  采用式(12)计算:

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} \tau(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

- $\tau_e$ ——试样的太阳光直接透射比;  
 $\lambda$ ——波长;  
 $\tau(\lambda)$ ——试样的光谱透射比;  
 $S_\lambda$ ——太阳光辐射相对光谱分布;  
 $\Delta\lambda$ ——波长间隔;  
 $S_\lambda \Delta\lambda$ ——太阳光辐射相对光谱分布  $S_\lambda$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $S_\lambda \Delta\lambda$  的值见表 2。



表 2 大气质量为 1.5 时,太阳光辐射相对光谱分布  $S_{\lambda}$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积

$\lambda$ nm	$S_{\lambda} \Delta\lambda$	$\lambda$ nm	$S_{\lambda} \Delta\lambda$
300	0.000 000	530	0.015 867
305	0.000 057	540	0.015 827
310	0.000 236	550	0.015 844
315	0.000 554	560	0.015 590
320	0.000 916	570	0.015 256
325	0.001 309	580	0.014 745
330	0.001 914	590	0.014 330
335	0.002 018	600	0.014 663
340	0.002 189	610	0.015 030
345	0.002 260	620	0.014 859
350	0.002 445	630	0.014 622
355	0.002 555	640	0.014 526
360	0.002 683	650	0.014 445
365	0.003 020	660	0.014 313
370	0.003 359	670	0.014 023
375	0.003 509	680	0.012 838
380	0.003 600	690	0.011 788
385	0.003 529	700	0.012 453
390	0.003 551	710	0.012 798
395	0.004 294	720	0.010 589
400	0.007 812	730	0.011 233
410	0.011 638	740	0.012 175
420	0.011 877	750	0.012 181
430	0.011 347	760	0.009 515
440	0.013 246	770	0.010 479
450	0.015 343	780	0.011 381
460	0.016 166	790	0.011 262
470	0.016 178	800	0.028 718
480	0.016 402	850	0.048 240
490	0.015 794	900	0.040 297
500	0.015 801	950	0.021 384
510	0.015 973	1 000	0.036 097
520	0.015 357	1 050	0.034 110

表 2 (续)

$\lambda$ nm	$S_{\lambda} \Delta\lambda$	$\lambda$ nm	$S_{\lambda} \Delta\lambda$
1 100	0,018 861	1 850	0,000 398
1 150	0,013 228	1 900	0,000 082
1 200	0,022 551	1 950	0,001 087
1 250	0,023 376	2 000	0,003 024
1 300	0,017 756	2 050	0,003 988
1 350	0,003 743	2 100	0,004 229
1 400	0,000 741	2 150	0,004 142
1 450	0,003 792	2 200	0,003 690
1 500	0,009 693	2 250	0,003 592
1 550	0,013 693	2 300	0,003 436
1 600	0,012 203	2 350	0,003 163
1 650	0,010 615	2 400	0,002 233
1 700	0,007 256	2 450	0,001 202
1 750	0,007 183	2 500	0,000 475
1 800	0,002 157	—	—

注：空气质量为 1.5 时地面上标准的太阳光辐射（直射+漫射）相对光谱分布出自 ISO 9845-1:1992。表中数据为标准的太阳光辐射相对光谱分布  $S_{\lambda}$  乘以波长间隔  $\Delta\lambda$ 。

5.4.2 单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比

单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  为试样实测的光谱透射比。

5.4.3 多层窗玻璃组件的光谱透射比

多层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  的计算可按 5.1 中描述的相同方法进行。

5.5 太阳光直接反射比

5.5.1 太阳光直接反射比计算方法

太阳光直接反射比  $\rho_e$  采用式(13)计算：

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2\,500\text{ nm}} \rho_o(\lambda) S_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2\,500\text{ nm}} S_{\lambda} \Delta\lambda}$$

.....( 13 )

式中：

- $\rho_e$  —— 试样的太阳光直接反射比；
- $\lambda$  —— 波长；
- $\rho_o(\lambda)$  —— 试样室外侧光谱反射比；



$S_{\lambda}$  ——太阳光辐射相对光谱分布；

$\Delta\lambda$  ——波长间隔；

$S_{\lambda}\Delta\lambda$  ——太阳光辐射相对光谱分布  $S_{\lambda}$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $S_{\lambda}\Delta\lambda$  的值见表 2。

### 5.5.2 单片玻璃或单层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比

单片玻璃或单层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比  $\rho_o(\lambda)$  是试样实测的室外侧光谱反射比。

### 5.5.3 多层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比

多层窗玻璃组件的室外侧光谱反射比  $\rho_o(\lambda)$  的计算可按 5.2.1 中描述的相同方法进行。

## 5.6 太阳光直接吸收比

太阳光直接吸收比  $\alpha_e$  采用式(11)计算。

## 5.7 太阳能总透射比

太阳能总透射比  $g$  采用式(14)计算：

$$g = \tau_e + q_i \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$g$  ——试样的太阳能总透射比；

$\tau_e$  ——试样的太阳光直接透射比；

$q_i$  ——试样向室内侧的二次热传递系数。

## 5.8 向室内侧的二次热传递系数

### 5.8.1 边界条件

为了计算试样向室内侧的二次热传递系数  $q_i$ 、试样室外表面换热系数  $h_e$ 、试样室内表面换热系数  $h_i$ ，规定以下常规边界条件：

试样放置：垂直放置；

室外侧表面风速约为 4 m/s，玻璃表面的校正辐射率为 0.837；

室内侧表面：自然对流。

如果为了满足特别的要求采用其他边界条件，应在检测报告中说明。

### 5.8.2 试样室外表面换热系数

依据 5.8.1 中规定的常规边界条件，试样室外表面换热系数  $h_e = 23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

### 5.8.3 试样室内表面换热系数

依据 5.8.1 中规定的常规边界条件，试样室内表面换热系数  $h_i$  采用式(15)计算：

$$h_i = 3.6 + \frac{4.4\epsilon_i}{0.837} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$h_i$  ——试样室内表面换热系数，单位为瓦每平方米开尔文 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]；

$\epsilon_i$  ——试样室内表面校正辐射率。

### 5.8.4 单片玻璃或单层窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数

单片玻璃或单层窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数  $q_i$  采用式(16)计算：

$$q_i = \alpha_e \frac{h_i}{h_e + h_i} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$q_i$  —— 试样向室内侧的二次热传递系数;

$\alpha_e$  —— 试样的太阳光直接吸收比;

$h_i$  —— 试样室内表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

$h_e$  —— 试样室外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)]。

### 5.8.5 双层窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数

双层窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数  $q_i$  采用式(17)计算:

$$q_i = \frac{[(\alpha_{e1} + \alpha_{e2})/h_e + \alpha_{e2}/\Delta]}{(1/h_i + 1/h_e + 1/\Delta)} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$q_i$  —— 试样向室内侧的二次热传递系数;

$\alpha_{e1}$  —— 双层窗玻璃组件中的第一片(室外侧)玻璃的太阳光直接吸收比;

$\alpha_{e2}$  —— 双层窗玻璃组件中的第二片(室内侧)玻璃的太阳光直接吸收比;

$h_e$  —— 试样室外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

$\Delta$  —— 双层窗玻璃组件室外侧表面和室内侧表面之间的热导,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

$h_i$  —— 试样室内表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)]。

双层窗玻璃组件中的第一片(室外侧)玻璃的太阳光直接吸收比  $\alpha_{e1}$  采用式(18)计算:

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} \{\alpha_1(\lambda) + \alpha'_1(\lambda)\tau_1(\lambda)\rho_2(\lambda)/[1 - \rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)]\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$\alpha_{e1}$  —— 双层窗玻璃组件中的第一片(室外侧)玻璃的太阳光直接吸收比;

$\lambda$  —— 波长;

$\alpha_1(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱直接吸收比;

$\alpha'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱直接吸收比;

$\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比;

$\rho'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;

$S_\lambda$  —— 太阳光辐射相对光谱分布;

$\Delta\lambda$  —— 波长间隔;

$S_\lambda \Delta\lambda$  —— 太阳光辐射相对光谱分布  $S_\lambda$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $S_\lambda \Delta\lambda$  的值见表 2。

在光由室外侧射向室内侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱直接吸收比  $\alpha_1(\lambda)$  采用式(19)计算:

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda) \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$\alpha_1(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱直接吸收比;

$\lambda$  —— 波长;

$\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho_1(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比。

在光由室内侧射向室外侧条件下,第一片(室外侧)玻璃的光谱直接吸收比  $\alpha'_1(\lambda)$  采用式(20)

计算:

$$\alpha'_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho'_1(\lambda) \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$\alpha'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱直接吸收比;

$\lambda$  —— 波长;

$\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比。

双层窗玻璃组件中的第二片(室内侧)玻璃的太阳光直接吸收比  $\alpha_{e2}$  采用式(21)计算:

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2\,500\text{ nm}} \left\{ \alpha_2(\lambda) \tau_1(\lambda) / [1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)] \right\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2\,500\text{ nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$\alpha_{e2}$  —— 双层窗玻璃组件中的第二片(室内侧)玻璃的太阳光直接吸收比;

$\lambda$  —— 波长;

$\alpha_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱直接吸收比;

$\tau_1(\lambda)$  —— 第一片(室外侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho'_1(\lambda)$  —— 在光由室内侧射向室外侧条件下, 第一片(室外侧)玻璃的光谱反射比;

$\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比;

$S_\lambda$  —— 太阳光辐射相对光谱分布;

$\Delta\lambda$  —— 波长间隔;

$S_\lambda \Delta\lambda$  —— 太阳光辐射相对光谱分布  $S_\lambda$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $S_\lambda \Delta\lambda$  的值见表 2。

在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱直接吸收比  $\alpha_2(\lambda)$  采用式(22)计算:

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda) \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

$\alpha_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱直接吸收比;

$\lambda$  —— 波长;

$\tau_2(\lambda)$  —— 第二片(室内侧)玻璃的光谱透射比;

$\rho_2(\lambda)$  —— 在光由室外侧射向室内侧条件下, 第二片(室内侧)玻璃的光谱反射比。

双层窗玻璃组件室外侧表面和室内侧表面之间的热导  $\Lambda$  可依据 ISO 10292:1994 中规定的试样平均温度 10 °C, 试样内外表面温差  $\Delta T = 15$  °C 的计算条件计算。也可使用 ISO 10291 规定的防护热板法或 ISO 10293 规定的热流计法测量, 推荐使用 ISO 10292:1994 中规定的计算方法。如果为了满足特别的要求采用其他的试样内外表面温差  $\Delta T$  和/或试样平均温度, 应在检验报告中说明。

#### 5.8.6 $n(n > 2)$ 层的窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数

$n(n > 2)$  层的窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数  $q_i$  采用式(23)计算:

$$q_i = \frac{(a_{e1} + a_{e2} + a_{e3} + \Lambda + a_{en}) / h_e + (a_{e2} + a_{e3} + \Lambda + a_{en}) / \Lambda_{12} + (a_{e3} + \Lambda + a_{en}) / \Lambda_{23} + a_{en} / \Lambda_{(n-1)n}}{1/h_i + 1/h_e + 1/\Lambda_{12} + 1/\Lambda_{23} + \Lambda + 1/\Lambda_{(n-1)n}} \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

$q_i$  ——  $n(n > 2)$  层窗玻璃组件向室内侧的二次热传递系数;

$a_{e1}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中的第 1 片(室外侧)玻璃的太阳光直接吸收比;

$a_{e2}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中的第 2 片玻璃的太阳光直接吸收比;

$a_{e3}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中的第 3 片玻璃的太阳光直接吸收比;



- $\alpha_{en}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中的第  $n$  片(室内侧)玻璃的太阳光直接吸收比;
- $h_e$  —— 试样室外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];
- $\Lambda_{12}$  —— 第 1 片(室外侧)玻璃室外侧表面和第 2 片玻璃中心(玻璃厚度的中心)之间的热导,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];
- $\Lambda_{23}$  —— 第 2 片玻璃中心(玻璃厚度的中心)和第 3 片玻璃中心(玻璃厚度的中心)之间的热导,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];
- $\Lambda_{(n-1)n}$  —— 第  $(n-1)$  片玻璃中心(玻璃厚度的中心)和第  $n$  片(室内侧)玻璃室内侧表面之间的热导,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];
- $h_i$  —— 试样室内表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

热导  $\Lambda_{12}$ 、 $\Lambda_{23}$ 、 $\Lambda_{(n-1)n}$  按 ISO 10292:1994 第 7 章的计算过程迭代计算。

太阳光直接吸收比  $\alpha_{e1}$ 、 $\alpha_{e2}$ 、 $\alpha_{e3}$ 、 $\alpha_{en}$  按 5.8.5 中给出的方法计算。计算包含以下  $(n-1)$  个步骤:

- 第一步:按 5.1 和 5.2.1 计算由 2、3、 $\dots$ 、 $n$  片玻璃组成的  $(n-1)$  层组件的光谱特性,然后将这个组件与第一片(室外侧)玻璃组成一个双层窗玻璃,根据式(18)计算  $\alpha_{e1}$ ;
- 第二步:计算由 3、 $\dots$ 、 $n$  片玻璃组成的  $(n-2)$  层组件的光谱特性,同时计算由第一片玻璃和第二片玻璃组成的双层窗玻璃的光谱特性,将以上两个组件组成一个双层窗玻璃,通过这个双层窗玻璃,根据式(18)计算出  $\alpha_{e1} + \alpha_{e2}$  的和,根据第一步已知道  $\alpha_{e1}$  的值,可计算出  $\alpha_{e2}$ ,继续此步骤一直到最后的  $(n-1)$  步;
- $(n-1)$  步:计算由 1、2、 $\dots$ 、 $(n-1)$  片玻璃组成的  $(n-1)$  层组件的光谱特性,然后将这个组件与第  $n$  片(室内侧)玻璃组成一个双层窗玻璃,根据式(18)计算出  $\alpha_{e1}$ 、 $\alpha_{e2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{e(n-1)}$  的和,根据已知  $\alpha_{e1}$ 、 $\alpha_{e2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{e(n-2)}$  的值,可计算出  $\alpha_{e(n-1)}$ ,根据式(21)计算出  $\alpha_{en}$ 。

## 5.9 遮阳系数

遮阳系数 SC 采用式(24)计算:

$$SC = \frac{g}{0.87} \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

SC —— 试样的遮阳系数;

$g$  —— 试样的太阳能总透射比。

## 5.10 光热比

光热比 LSG 采用式(25)计算:

$$LSG = \frac{\tau_v}{g} \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:

LSG —— 试样的光热比;

$\tau_v$  —— 试样的可见光透射比;

$g$  —— 试样的太阳能总透射比。

## 5.11 紫外线透射比

### 5.11.1 紫外线透射比的计算

紫外线透射比  $\tau_{uv}$  采用式(26)计算:



$$\tau_{uv} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{380\text{ nm}} \tau(\lambda) U_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{380\text{ nm}} U_{\lambda} \Delta\lambda} \dots\dots\dots (26)$$

式中：

$\tau_{uv}$  —— 试样的紫外线透射比；

$\lambda$  —— 波长；

$\tau(\lambda)$  —— 试样的光谱透射比；

$U_{\lambda}$  —— 紫外线辐射相对光谱分布；

$\Delta\lambda$  —— 波长间隔；

$U_{\lambda}\Delta\lambda$  —— 紫外线辐射相对光谱分布  $U_{\lambda}$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $U_{\lambda}\Delta\lambda$  的值见表 3。

表 3 紫外线辐射相对光谱分布  $U_{\lambda}$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  乘积

$\lambda$ nm	$U_{\lambda} \Delta\lambda$
300	0,000 000
305	0,001 859
310	0,007 665
315	0,017 961
320	0,029 732
325	0,042 466
330	0,062 108
335	0,065 462
340	0,071 020
345	0,073 326
350	0,079 330
355	0,082 894
360	0,087 039
365	0,097 963
370	0,108 987
375	0,113 837
380	0,058 351

注：空气质量为 1.5 时地面上太阳光紫外线辐射(直射+漫射)相对光谱分布出自 ISO 9845-1:1992。表中数据为标准的紫外线辐射相对光谱分布  $U_{\lambda}$  乘以波长间隔  $\Delta\lambda$ 。

5.11.2 单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比

单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  为试样实测的光谱透射比。

5.11.3 多层窗玻璃组件的光谱透射比

多层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  的计算可按 5.1 中描述的相同方法进行。

## 5.12 辐射率

## 5.12.1 总则

本标准不适用于表面粗糙、弧形或在辐射波长  $2\text{ }\mu\text{m}$  附近处漫反射比大于 5% 的玻璃或材料的辐射率的测定。

## 5.12.2 283 K 温度下的垂直反射比

测得试样在表 4 中所列出的 30 个波长  $\lambda_i$  处的接近垂直的光谱反射比  $R_n(\lambda_i)$ ，其数学平均值即为 283 K 温度下的常规反射比  $R_n$ 。测定时波长范围至少应达到  $25\text{ }\mu\text{m}$ ，表 4 中  $25\text{ }\mu\text{m}$  以上的各波长  $\lambda_i$  处的光谱反射比  $R_n(\lambda_i)$  可用  $25\text{ }\mu\text{m}$  波长处的光谱反射比替代。测量的环境温度应在 253 K~313 K 范围内。

283 K 温度下的常规反射比  $R_n$  采用式(27)计算：

$$R_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} R_n(\lambda_i) \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中：

$R_n$  —— 试样 283 K 温度下的常规反射比；

$\lambda_i$  —— 波长；

$R_n(\lambda_i)$  —— 波长  $\lambda_i$  处的光谱反射比。

表 4 用于测定 283 K 温度下的常规反射比  $R_n$  的波长  $\lambda_i$

序号	$\lambda_i$ $\mu\text{m}$	序号	$\lambda_i$ $\mu\text{m}$
1	5.5	16	14.8
2	6.7	17	15.6
3	7.4	18	16.3
4	8.1	19	17.2
5	8.6	20	18.1
6	9.2	21	19.2
7	9.7	22	20.3
8	10.2	23	21.7
9	10.7	24	23.3
10	11.3	25	25.2
11	11.8	26	27.7
12	12.4	27	30.9
13	12.9	28	35.7
14	13.5	29	43.9
15	14.2	30	50.0

## 5.12.3 283 K 温度下的垂直辐射率

283 K 温度下的垂直辐射率  $\epsilon_n$  采用式(28)计算：

$$\epsilon_n = 1 - R_n \dots\dots\dots (28)$$

式中：  
 $\epsilon_n$  —— 283 K 温度下的垂直辐射率；  
 $R_n$  —— 试样 283 K 温度下的垂直反射比。

5.12.4 283 K 温度下的校正辐射率

283 K 温度下的校正辐射率  $\epsilon$  由 283 K 温度下的标准辐射率  $\epsilon_n$  乘以表 5 中给出的系数得出。

表 5 用 283 K 温度下的标准辐射率  $\epsilon_n$  计算 283 K 温度下的校正辐射率  $\epsilon$  的系数

283 K 温度下的标准辐射率 $\epsilon_n$	系数 <sup>a</sup>
0.03	1.22
0.05	1.18
0.1	1.14
0.2	1.10
0.3	1.06
0.4	1.03
0.5	1.00
0.6	0.98
0.7	0.96
0.8	0.95
0.89	0.94
<sup>a</sup> 其他值可以通过线性插值或外推计算获得。	

5.13 太阳红外热能总透射比

太阳红外热能总透射比  $g_{\text{IR}}$  采用式(29)计算：

$$g_{\text{IR}} = \tau_{\text{IR}} + q_{\text{in},n} \dots\dots\dots (29)$$

式中：  
 $g_{\text{IR}}$  —— 试样的太阳红外热能总透射比；  
 $\tau_{\text{IR}}$  —— 试样在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接透射比；  
 $q_{\text{in},n}$  —— 试样向室内侧的太阳红外二次热传递系数，其中  $n$  为玻璃层数。

试样在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接透射比  $\tau_{\text{IR}}$  采用式(30)计算：

$$\tau_{\text{IR}} = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{2\,500 \text{ nm}} \tau(\lambda) S_{\lambda} d\lambda}{\int_{780 \text{ nm}}^{2\,500 \text{ nm}} S_{\lambda} d\lambda} \approx \frac{\sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{2\,500 \text{ nm}} \tau(\lambda) S_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{2\,500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta\lambda} \dots\dots\dots (30)$$

式中：  
 $\tau_{\text{IR}}$  —— 试样在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接透射比；  
 $\tau(\lambda)$  —— 试样的光谱透射比。单片玻璃或单层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  是试样实测的光谱透射比，多层窗玻璃组件的光谱透射比  $\tau(\lambda)$  的计算可按 5.1 中描述的不同方法进行，波长范围为 780 nm~2 500 nm；

$\lambda$  —— 波长；

$S_\lambda$  —— 大气质量为 1.5 时, 780 nm~2 500 nm 波长范围内太阳光辐射相对光谱分布；

$\Delta\lambda$  —— 波长间隔；

$S_\lambda\Delta\lambda$  —— 大气质量为 1.5 时, 780 nm~2 500 nm 波长范围内太阳光辐射相对光谱分布  $S_\lambda$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $S_\lambda\Delta\lambda$  的值见表 2。

试样向室内侧的太阳红外二次热传递系数  $q_{in,n}$  采用式(31)计算：

$$q_{in,n} = \sum_{i=1}^n q_{in,i} \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中：

$q_{in,n}$  ——  $n$  层窗玻璃组件向室内侧的太阳红外二次热传递系数；

$q_{in,i}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中第  $i$  层玻璃向室内侧的太阳红外二次热传递系数。

$n$  层窗玻璃组件中第  $i$  层玻璃向室内侧的太阳红外二次热传递系数  $q_{in,i}$  采用式(32)计算：

$$q_{in,i} = \frac{\alpha_{IR,i} R_{out,i}}{R_t} \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中：

$q_{in,i}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中第  $i$  层玻璃向室内侧的太阳红外二次热传递系数；

$\alpha_{IR,i}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中第  $i$  层玻璃在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接吸收比；

$R_{out,i}$  ——  $n$  层窗玻璃组件中第  $i$  层玻璃室外侧方向的热阻, 单位为平方米开尔文每瓦( $m^2 \cdot K/W$ )；

$R_t$  ——  $n$  层窗玻璃组件的传热阻, 为各层玻璃、气体间层、内外表面换热阻之和, 单位为平方米开尔文每瓦( $m^2 \cdot K/W$ )。

试样为单片玻璃时( $n=1$ ), 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接吸收比  $\alpha_{IR,i}$  ( $i=1$ ) 采用式(33)计算：

$$\alpha_{IR,i} = \alpha_{IR,1} = 1 - \tau_{IR,1} - \rho_{IR,1} \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中：

$\alpha_{IR,1}$  —— 单片玻璃在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接吸收比；

$\tau_{IR,1}$  —— 单片玻璃在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接透射比, 按照式(30)计算；

$\rho_{IR,1}$  —— 单片玻璃在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接反射比, 按照式(34)计算。

试样在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接反射比  $\rho_{IR}$  采用式(34)计算：

$$\rho_{IR} = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} \rho(\lambda) S_\lambda d\lambda}{\int_{780 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_\lambda d\lambda} \approx \frac{\sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} \rho(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中：

$\rho_{IR}$  —— 试样在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接反射比；

$\rho(\lambda)$  —— 试样的光谱反射比；

$\lambda$  —— 波长；

$S_\lambda$  —— 大气质量为 1.5 时, 780 nm~2 500 nm 波长范围内太阳光辐射相对光谱分布；

$\Delta\lambda$  —— 波长间隔；

$S_\lambda\Delta\lambda$  —— 大气质量为 1.5 时, 780 nm~2 500 nm 波长范围内太阳光辐射相对光谱分布  $S_\lambda$  与波长间隔  $\Delta\lambda$  的乘积,  $S_\lambda\Delta\lambda$  的值见表 2。

当被测样品为多层玻璃时( $n \geq 2$ ), 其在 780 nm~2 500 nm 波长范围内的太阳光直接吸收比  $\alpha_{IR,i}$  ( $i=1 \sim n$ ) 按 5.8.5 和 5.8.6 中描述的相同方法进行计算, 其中光谱波长计算范围均应改为 780 nm~2 500 nm。

热阻  $R_{\text{out},i}$ 、 $R_i$  的计算过程见附录 A。

## 6 检测报告

检测报告的内容至少应包括：

- a) 测定的标准方法；
- b) 测定仪器；
- c) 测定条件；
- d) 测定参数；
- e) 样品信息；
- f) 测定日期；
- g) 测定人员；
- h) 其他的必要说明。



附 录 A  
(规范性附录)  
玻璃组件热阻计算

### A.1 总则

玻璃组件的热阻  $R_t$  为组成多层窗的各玻璃组件的热阻之和,即各层玻璃、气体间层、内外表面换热阻之和。玻璃组件中第  $i$  层玻璃室外侧方向的热阻  $R_{out,i}$ ,为室外空气层和第  $i$  层玻璃厚度中心之间的热阻之和。

将 A.2~A.4 中公式综合联立迭代计算,即可解出  $R_t$  和  $R_{out,i}$ 。单片玻璃热阻  $R_t$  和  $R_{out,1}$  的计算中,不涉及 A.3.3~A.3.4 部分的计算。迭代计算中需设置第  $i$  号玻璃表面温度  $t_i$  和第  $i$  号玻璃表面辐射照度  $J_i$  的初始计算值。各符号标示见图 A.1 和图 A.2。

### A.2 玻璃组件热阻计算( $R_t$ 、 $R_{out,i}$ )

#### A.2.1 热阻计算条件

室内空气温度  $T_{in}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

室外空气温度  $T_{out}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

室内对流换热系数  $h_{c,in}=2.5\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;

室外对流换热系数  $h_{c,out}=16\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;

太阳辐射照度  $I_s=500\text{ W}/\text{m}^2$ 。

#### A.2.2 热阻计算

##### A.2.2.1 热阻计算模型

玻璃组件热阻计算中,各部分符号标示见图 A.1。



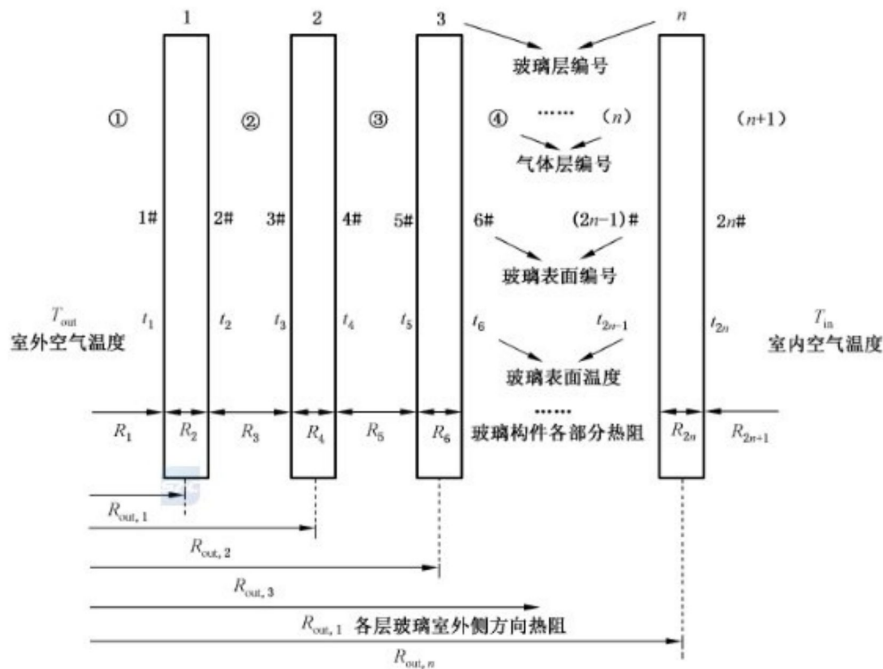


图 A.1 玻璃组件各部分符号标示

A.2.2.2 玻璃组件的传热阻  $R_t$  计算

对于  $n$  层窗玻璃组件传热阻  $R_t$  的计算由  $2n+1$  项热阻相加得到,按式(A.1)计算如下:

$$R_t = R_1 + R_2 + \Delta + R_{2n+1} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中,  $R_1$  和  $R_{2n+1}$  分别为室外、室内表面换热阻,  $R_1 = \frac{1}{h_{out}}$ ,  $R_{2n+1} = \frac{1}{h_{in}}$ ,  $h_{out}$  为室外表面换热系数,  $h_{in}$  为室内表面换热系数。

其余偶数编号热阻  $R_2, R_4, \dots, R_{2n}$  分别为各层玻璃层热阻,以  $R_{g,k}$  表示;奇数编号热阻  $R_3, R_5, \dots, R_{2n-1}$  分别为各气体间层热阻,以  $R_k$  表示。

则  $n=1$  时(单片玻璃),  $R_t$  用式(A.2)表示:

$$R_t = \frac{1}{h_{out}} + R_{g,k} + \frac{1}{h_{in}} \quad (k=1) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$n \geq 2$  时(多层玻璃),  $R_t$  用式(A.3)表示:

$$R_t = \frac{1}{h_{out}} + \sum_{k=1}^n R_{g,k} + \sum_{k=2}^n R_k + \frac{1}{h_{in}} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中,  $h_{out}$  和  $h_{in}$  分别按照 A.3.1 和 A.3.2 的规定计算,  $R_{g,k}$ 、 $R_k$  分别按照式(A.4)和式(A.5)计算:

$$R_{g,k} = \frac{d_{g,k}}{\lambda_{g,k}} \quad (k=1 \sim n) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$R_k = \frac{1}{h_{c,k} + h_{r,k}} \quad (k=2 \sim n) \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$d_{g,k}$  —— 第  $k$  层玻璃厚度,单位为米(m);

$\lambda_{g,k}$  —— 第  $k$  层玻璃的导热系数,建筑玻璃的导热系数取常数 1,其他透明材料的导热系数参见表 A.1,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];

$h_{c,k}$ ——第  $k$  层气体层的对流换热系数,按照 A.3.3 规定计算;

$h_{r,k}$ ——第  $k$  层气体层的辐射换热系数,按照 A.3.4 规定计算。

表 A.1 透明材料热工计算参数

透明材料	导热系数/[W/(m·K)]
建筑玻璃	1.00
丙烯酸(树脂玻璃)	0.20
PMMA(有机玻璃)	0.18
聚碳酸酯	0.20

#### A.2.2.3 第 $i$ 层玻璃室外侧方向的热阻 $R_{out,i}$ 计算

$n=1$  时(单片玻璃),玻璃组件室外侧方向热阻  $R_{out,1}$  按照式(A.6)计算:

$$R_{out,1} = \frac{1}{h_{out}} + \frac{1}{2}R_{g,i} \quad (i=1) \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

$n \geq 2$  时(多片玻璃),玻璃组件室外侧方向热阻  $R_{out,i}$  按照式(A.7)计算:

$$R_{out,i} = \frac{1}{h_{out}} + \sum_{k=1}^{i-1} R_{g,k} + \sum_{k=2}^i R_k + \frac{1}{2}R_{g,i} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中, $h_{out}$ 按照 A.3.1 的规定计算, $R_{g,k}$ 、 $R_k$  分别按照式(A.4)和式(A.5)计算。 $R_{g,i}$  为第  $i$  层玻璃热阻,按照式(A.4)计算。

### A.3 换热系数 $h_{out}$ 、 $h_{in}$ 、 $h_{c,k}$ 、 $h_{r,k}$ 计算

#### A.3.1 室外表面换热系数 $h_{out}$

室外表面换热系数  $h_{out}$  按照式(A.8)计算:

$$h_{out} = h_{c,out} + h_{r,out} = 16 + \frac{\epsilon_{s,out} \sigma (t_1^4 - T_{out}^4)}{t_1 - T_{out}} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

$h_{out}$ ——室外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

$h_{c,out}$ ——室外对流换热系数, $h_{c,out}=16$  W/(m<sup>2</sup>·K);

$h_{r,out}$ ——室外表面辐射换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

$\epsilon_{s,out}$ ——试样最室外侧玻璃表面校正辐射率,按照 5.12 中规定计算;

$\sigma$ ——斯蒂芬-玻尔兹曼常数, $\sigma=5.67 \times 10^{-8}$  W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>);

$t_1$ ——第 1 层玻璃室外侧玻璃表面温度,单位为开尔文(K);

$T_{out}$ ——室外空气温度,单位为开尔文(K)。

#### A.3.2 室内表面换热系数 $h_{in}$

室内表面换热系数  $h_{in}$  按照式(A.9)计算:

$$h_{in} = h_{c,in} + h_{r,in} = 2.5 + \frac{\sigma (t_{2n}^4 - T_{in}^4)}{(t_{2n} - T_{in}) \cdot (1/\epsilon_{s,in} + 1/\epsilon_{in} - 1)} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中,

$h_{in}$ ——室内表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m<sup>2</sup>·K)];

- $h_{c,in}$  —— 室外对流换热系数,  $h_{c,in}=2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;  
 $h_{r,in}$  —— 室外表面辐射换热系数, 单位为瓦每平方米开尔文 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ];  
 $\sigma$  —— 斯蒂芬-玻尔兹曼常数,  $\sigma=5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ;  
 $t_{2n}$  —— 第  $n$  层玻璃室内侧玻璃表面温度, 单位为开尔文 (K);  
 $T_{in}$  —— 室内空气温度, 单位为开尔文 (K);  
 $\epsilon_{s,in}$  —— 试样最室内侧玻璃表面校正辐射率, 按照 5.12 中规定计算;  
 $\epsilon_{in}$  —— 室内环境材料的平均辐射率, 一般可取 0.9。

### A.3.3 第 $k$ 层气体层对流换热系数 $h_{c,k}$

第  $k$  层气体层对流换热系数  $h_{c,k}$  按照式 (A.10) 计算:

$$h_{c,k} = Nu_k \left( \frac{\lambda_k}{D_k} \right) \quad (k=2 \sim n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

式中:

- $D_k$  —— 气体间层  $k$  的厚度, 单位为米 (m);  
 $\lambda_k$  —— 第  $k$  层气体间层所充气体的导热系数, 参见表 A.2, 单位为瓦每米开尔文 [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ];  
 $Nu_k$  —— 努谢尔特数, 是瑞利数  $Ra_k$ 、气体间层高厚比和气体间层倾角  $\theta$  的函数, 本附录中按照  $\theta=90^\circ$  条件计算  $Nu_k$ 。

表 A.2 中空玻璃间层内气体参数 (温度 273.15 K 或 0 °C)

气体	气体的导热系数 $\lambda/[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	气体的运动黏度 $\mu/[\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})]$	气体的常压比热容 $C_p/[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	气体密度 $\gamma/(\text{kg}/\text{m}^3)$
空气	0.024 1	$1.722 \times 10^{-5}$	1 006.103 3	1.292 498
氩气	0.016 3	$2.100 \times 10^{-5}$	521.928 5	1.782 282
氦气	0.008 7	$2.346 \times 10^{-5}$	248.090 7	3.738 741
氟气	0.005 2	$2.132 \times 10^{-5}$	158.339 7	5.857 956

注: 气体参数的计算条件如下:

气体温度:  $T=273.15 \text{ K}/0 \text{ }^\circ\text{C}$

气体压强:  $P=101\ 325 \text{ Pa}$

气体常数:  $R=8\ 314.459\ 8 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$

气体的摩尔质量:  $\bar{M}_{\text{空气}}=28.97 \text{ kg}/\text{kmol}$ ;  $\bar{M}_{\text{氩气}}=39.948 \text{ kg}/\text{kmol}$ ;  
 $\bar{M}_{\text{氦气}}=83.80 \text{ kg}/\text{kmol}$ ;  $\bar{M}_{\text{氟气}}=131.30 \text{ kg}/\text{kmol}$ 。

对于混合气体, 气体特性与各种气体的体积分数成正比。例如: 混合气体中, 气体 1 所占体积分数为  $r_1$ , 气体 2 所占体积分数为  $r_2$ , 等, 那么可按式 (A.11) 计算:

$$F = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + \dots\dots\dots (\text{A.11})$$

式中,  $F$  为相关的特性, 如: 导热系数、运动黏度、比热容或气体密度。

瑞利数  $Ra_k$  按照式 (A.12) 计算, 其中  $\beta_k$  按式 (A.13) 计算,  $A_k$  按式 (A.14) 计算:

$$Ra_k = \frac{\gamma^2 \cdot D_k^3 \cdot G \cdot \beta_k \cdot c_p \cdot \Delta T_k}{\mu \cdot \lambda_k} \quad \dots\dots\dots (\text{A.12})$$

$$\beta_k = \frac{1}{T_{mk}} = \frac{2}{t_{2k-1} + t_{2k-2}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.13})$$

$$A_k = \frac{H}{D_k} \quad \dots\dots\dots (\text{A.14})$$

式中:

$Ra_k$  ——第  $k$  层气体间层的瑞利数;

$\gamma$  ——气体密度, 参见表 A.2, 单位为千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$G$  ——重力加速度, 取  $G=9.8 \text{ m/s}^2$ ;

$C_p$  ——常压下气体的比热容, 参见表 A.2, 单位为焦耳每千克开尔文[ $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ];

$\mu$  ——常压下气体的黏度, 参见表 A.2, 单位为千克每米秒[ $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ];

$\lambda_k$  ——第  $k$  层气体间层所充气体的导热系数, 参见表 A.2, 单位为瓦每米开尔文[ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ];

$D_k$  ——第  $k$  层气体间层的厚度, 单位为米(m);

$\Delta T_k$  ——气体间层前后玻璃表面的温度差,  $\Delta T_k = |t_{2k-1} - t_{2k-2}|$  单位为开尔文(K);

$\beta_k$  ——将第  $k$  层气体间隔层中填充气体, 作理想气体处理时的气体热膨胀系数;

$T_{mk}$  ——填充气体的平均温度, 单位为开尔文(K);

$A_k$  ——第  $k$  层气体间层的高厚比;

$H$  ——气体间层顶部到底部的距离, 在本附录中,  $H$  取常数 1, 单位为米(m)。

气体间层努谢尔特数  $Nu_k$  按下列公式计算( $\theta=90^\circ$ , 即: 垂直气体间层):

$$Nu_{k,1} = 1 + 1.759\,667\,8 \times 10^{-10} Ra_k^{2.298\,475\,5} \quad Ra_k \leq 10^4$$

$$Nu_{k,1} = 0.028\,154 Ra_k^{0.413\,4} \quad 10^4 < Ra_k < 5 \times 10^4$$

$$Nu_{k,1} = 0.067\,383\,8 Ra_k^{\frac{1}{3}} \quad Ra_k > 5 \times 10^4$$

$$Nu_{k,2} = 0.242 \cdot \left(\frac{Ra_k}{A_k}\right)^{0.272}$$

$$Nu_k = (Nu_{k,1}, Nu_{k,2})_{\max} \quad \dots\dots\dots (\text{A.15})$$

#### A.3.4 第 $k$ 层气体层辐射换热系数 $h_{r,k}$

第  $k$  层气体层辐射换热系数  $h_{r,k}$  按照式(A.16)计算:

$$h_{r,k} = 4\sigma \left( \frac{1}{\epsilon_{2k-1}} + \frac{1}{\epsilon_{2k-2}} - 1 \right)^{-1} \times (T_{Mk})^3 \quad (k=2 \sim n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.16})$$

式中:

$\sigma$  ——斯蒂芬-玻尔兹曼常数,  $\sigma=5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ;

$\epsilon_{2k-1}, \epsilon_{2k-2}$  ——第  $k$  层气体间层中前后两个玻璃表面的校正辐射率, 按照 5.12 中规定计算;

$T_{Mk}$  ——气体间层中两个表面的平均绝对温度, 单位为开尔文(K)。

$T_{Mk}$  按式(A.17)计算:

$$T_{Mk} = \frac{t_{2k-1} + t_{2k-2}}{2} \quad \dots\dots\dots (\text{A.17})$$

式中:

$t_{2k-1}, t_{2k-2}$  ——第  $k$  层气体间层中前后两个玻璃表面的表面温度, 单位为开尔文(K)。

#### A.4 玻璃组件层间能量平衡计算

玻璃组件层间能量平衡计算中, 各符号标示见图 A.2。



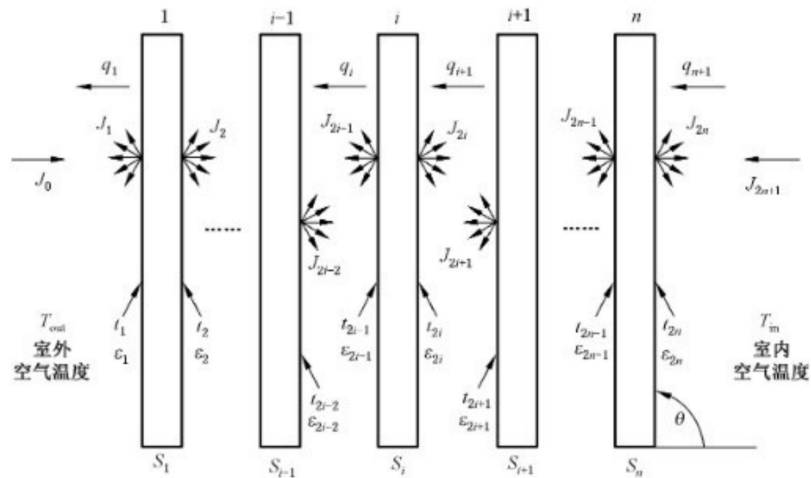


图 A.2 玻璃组件层间能量平衡计算各符号标示

玻璃间气体间层的能量平衡计算关系如式(A.18)：

$$q_i = h_{c,i}(t_{2i-1} - t_{2i-2}) + J_{2i-1} - J_{2i-2} \quad \text{..... (A.18)}$$

式中：

$q_i$  ——第  $i$  层气体间层的传热,可用式(A.19)表达。单片玻璃时, $i=1\sim 2$ ;多片玻璃时, $i=1\sim n+1$ 。单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$h_{c,i}$  ——第  $i$  层气体层对流换热系数。 $i=1$  时, $h_{c,1}=16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; $i=n+1$  时, $h_{c,n+1}=2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;其他情况按照 A.2.3 中要求计算。单位为瓦每平方米开尔文 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ；

$t_{2i-1}$  ——第  $i$  层玻璃前表面温度。当  $i=n+1$  时, $t_{2i-1}=T_{\text{in}}$ 。单位为开尔文(K)；

$t_{2i-2}$  ——第  $i-1$  层玻璃后表面温度。当  $i=1$  时, $t_{2i-2}=T_{\text{out}}$ 。单位为开尔文(K)；

$J_{2i-1}$  ——第  $i$  层玻璃前表面辐射照度,按照式(A.20)计算。当  $i=n+1$  时, $J_{2i-1}=J_{2n+1}$ ,按照式(A.21)计算。单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$J_{2i-2}$  ——第  $i-1$  层玻璃后表面辐射照度。当  $i=1$  时, $J_{2i-2}=J_0$ ,按照式(A.22)计算。单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

$$q_i = S_i + q_{i+1} \quad \text{..... (A.19)}$$

$$J_{2i-1} = \epsilon_{2i-1} \sigma t_{2i-1}^4 + \rho_{2i-1} J_{2i-2} \quad \text{..... (A.20)}$$

$$J_{2n+1} = \sigma \cdot T_{\text{in}}^4 \quad \text{..... (A.21)}$$

$$J_0 = \sigma \cdot T_{\text{out}}^4 \quad \text{..... (A.22)}$$

$$J_{2i} = \epsilon_{2i} \sigma t_{2i}^4 + \rho_{2i} J_{2i+1} \quad \text{..... (A.23)}$$

$$t_{2i} - t_{2i-1} = \frac{d_{g,i}}{2\lambda_{g,i}} (2q_{i+1} + S_i) \quad \text{..... (A.24)}$$

$$\rho_{2i-1} = 1 - \epsilon_{2i-1} \quad \text{..... (A.25)}$$

$$\rho_{2i} = 1 - \epsilon_{2i} \quad \text{..... (A.26)}$$

$$S_i = \alpha_{\text{IR},i} \cdot I_s \quad \text{..... (A.27)}$$

式中：

$J_{2i-1}$  ——第  $i$  层玻璃前表面辐射照度,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$J_{2i}$  ——第  $i$  层玻璃后表面辐射照度,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )按照式(A.23)计算；

$t_{2i} - t_{2i-1}$  ——按式(A.24)计算；

$J_{2i-2}$  ——第  $i-1$  层玻璃后表面辐射照度。当  $i=1$  时, $J_{2i-2}=J_0$ 。单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$J_0$	——室外辐射照度,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ );
$J_{2n+1}$	——室内辐射照度,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ );
$\epsilon_{2i-1}$	——第 $i$ 层玻璃前表面校正辐射率,按照 5.12 中规定计算;
$\epsilon_{2i}$	——第 $i$ 层玻璃后表面校正辐射率,按照 5.12 中规定计算;
$\sigma$	——斯蒂芬-玻尔兹曼常数, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ;
$t_{2i-1}$	——第 $i$ 层玻璃前表面温度,单位为开尔文(K);
$t_{2i}$	——第 $i$ 层玻璃后表面温度,单位为开尔文(K);
$\rho_{2i-1}$	——第 $i$ 层前玻璃的远红外反射比,按式(A.25)计算;
$\rho_{2i}$	——第 $i$ 层后玻璃的远红外反射比,按式(A.26)计算;
$d_{g,i}$	——第 $i$ 层玻璃的厚度,单位为米(m);
$\lambda_{g,i}$	——第 $i$ 层玻璃的导热系数,单位为瓦每米开尔文[ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ];
$q_i$	——第 $i$ 层气体间层的传热,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ );
$q_{i+1}$	——第 $i+1$ 层气体间层的传热,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ );
$S_i$	——第 $i$ 层玻璃吸收的太阳辐射热,按式(A.27)计算,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。



### 参 考 文 献

- [1] ISO 9845-1:1992 太阳能 地面不同接收条件下的日射光谱辐照度 第1部分:大气质量1.5的法向直接日射和半球向日射辐照度(Solar energy—Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions—Part 1:Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1.5)
- 

